



УДК 631.171:621.311(075.8)

## USE OF ALTERNATIVE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES IN FARM HOUSEHOLDS

### ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ

Viunenko O.B. / В'юнєнко О.Б.

Ph.D., as. prof. / к.е.н., доцент

ORCID: 0000-0002-8835-0704

Tolbatov A.V. / Толбатов А.В.

Ph.D., as. prof. / к.т.н., доцент

ORCID: 0000-0002-9785-9975

Sumy National Agrarian University,

Sumy, 160 Herasym Kondratiev, Sumy, 40021

Сумський національний аграрний університет,

Суми, вул. Герасима Кондратьєва, 160, 40021

**Анотація.** Кожна тваринницька ферма щорічно утилізує тисячі тон гною. Найбільш економічно доцільним є переробка побічних продуктів тваринництва в біогаз, якій, в свою чергу, можна використовувати для генерації електроенергії та забезпечення потреби господарств у тепловій енергії. В роботі наведено приклад розрахунку біогазової установки для відходів великої рогатої худоби (ВРХ) та розроблено відповідне програмне забезпечення.

**Ключові слова:** біогазова установка, метантенк, електропостачання.

**Вступ.** На сьогоднішній день важливу роль грають альтернативні та відновлювальні джерела енергії [1], [2], [3] в розвитку економіки та збереженні навколишнього середовища. Одним з таких видів енергії є біогаз. Цей ресурс є само відновлювальним за рахунок продуктів життєдіяльності бактерій та мікроорганізмів в органічних речовинах. Економічно доцільно використовувати біогазові установки (БГУ) в сільськогосподарському виробництві оскільки більшість відходів виробляються у вигляді органічних речовин. С чого можемо зробити висновок, що використання установок підвищить прибутки підприємства. Біогаз дозволить забути про використання вугілля і газу, що зменшить вирубку лісів та підвищить безпеку, оскільки технологія видобування є більш контрольована ніж видобуток газу та вугілля в шахтах [4], [5], [6], [7].

#### Виклад основного матеріалу дослідження.

**Розрахунок параметрів БГУ.** Визначаємо добове надходження біомаси  $m_{БМ}$  за виразом:  $m_{БМ} = \sum N_{ж} m_{удj}$ , кг/добу, (1)

де  $N_{ж}$  – кількість тварин j-го виду, гол;  $m_{удj}$  – добовий вихід екскрементів від j-го виду тварин, кг/гол.  $m_{БМ} = 420 \cdot 55 = 23100$  кг / добу

Визначаємо частку сухої речовини в біомасі  $m_{СВ}$ :  $m_{СВ} = m_{БМ} \cdot \left(1 - \frac{\varphi_{БМ}}{100}\right)$ , (2)

де  $\varphi_{БМ}$  – вологість біомаси, %.

$$m_{СВ} = 23100 \cdot \left(1 - \frac{85}{100}\right) = 3465 \text{ кг / добу.}$$

Визначаємо частку сухої органічної речовини  $m_{СОВ}$  за виразом:  $m_{СОВ} = m_{СВ} \cdot \rho_{СОВ}$ , (3)

де  $\rho_{СОВ}$  – частка органічної речовини в сухій речовині.  $m_{СОВ} = 3465 \cdot 0,8 = 2772$  кг/добу.



$$V_{MT} = \frac{(0,7...0,9)m_{BM}t_B}{\rho_{BM}}, \quad (4)$$

Визначаємо об'єм метантенку  $V_{MT}$  за виразом:  
де  $t_B$  – період зброджування, діб;  $\rho_{BM}$  – густина біомаси,  $кг/м^3$ .

$$V_{MT} = \frac{0,8 \cdot 23100 \cdot 20}{1020} = 362 \text{ м}^3 \quad - \text{ визначаємо вихід біогазу } V_{ПОЛ}, \text{ м}^3, \text{ при повному розкладі сухої органічної речовини: } V_{ПОЛ} = m_{COB} \cdot n_{ЭК}, \quad (5)$$

де  $n_{ЭК}$  – вихід біогазу з 1 кг СОР, для корівників  $n_{ЭК} = 0,415 \text{ м}^3/кг$

$$V_{ПОЛ} = 2772 \cdot 0,41 = 1136 \text{ м}^3. \text{ Визначаємо об'єм отриманого біогазу } V_{\delta}, \text{ м}^3,$$

$$V_{\delta} = V_{ПОЛ} \frac{n_t}{100}, \quad (6)$$

при вибраному періоді зброджування:

де  $n_t$  – частка виходу біогазу при вибраному періоді зброджування,  $n_t = 50\%$ .

$$V_{\delta} = 1136 \cdot \frac{50}{100} = 568 \text{ м}^3.$$

$$\text{Кількість біогазу за місяць: } V_{БГ}^M = 30 \cdot V_{\delta} = 30 \cdot 568 = 17040 \text{ м}^3 \quad (7)$$

$$\text{Кількість біогазу за рік: } V_{БГ}^{ГОД} = 365 \cdot V_{\delta} = 365 \cdot 568 = 207320 \text{ м}^3 \quad (8)$$

Визначаємо об'єм реактора. Як правило, метантенки мають циліндричну форму, відношення висоти до його внутрішнього діаметру приймається рівним  $h/d=0,9...1,3$ . Приймаємо  $h/d=1$ .

$$\text{Так як } V_{MT} = \frac{\pi d_e^2}{4} \cdot h = \frac{\pi d_e^2}{4} \cdot d_e, \text{ то } d_e = \sqrt[3]{\frac{4V_{MT}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 362}{3,14}} = 7,7 \text{ м.} \quad (9)$$

Визначення середньомісячного виходу біогазу. Кількість тепла,  $Q_{ПОД}$ , МДж, необхідного для підігріву сировини до температури процесу зброджування:

$$Q_{ПОД} = m_{BM} \cdot c_{BM} (t_{ПР} - t_{ЗАГР}) 10^{-3} \quad (10)$$

де  $c_{BM}$  – середня теплоємність біомаси,  $c_{BM} = 4,18 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $t_{ПР}$  – температура процесу зброджування,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_{ЗАГР}$  – температура завантажувальної біомаси,  $^\circ\text{C}$  приймається рівною середньомісячній температурі навколишнього середовища.

$$\text{Середньомісячна кількість тепла: } Q_{ПОД}^M = Q_{ПОД} t_{СУТ.М}, \quad (11)$$

де  $t_{СУТ.М}$  – кількість днів в місяці,  $t_{СУТ.М} = 30$  діб.

Кількість тепла  $Q_{ПОТ}$ , Вт, що втрачається в процесі тепловіддачі через стінку метантенку в навколишнє середовище:  $Q_{ПОТ} = kF(t_{ПР} - t_{CP})$ ,  $(12)$

де  $k$  – коефіцієнт тепловіддачі,  $Вт/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $F$  – площа поверхні метантенка,  $\text{м}^2$ ;  $t_{CP}$  – середня місячна температура повітря,  $^\circ\text{C}$ .

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі  $k$ ,  $Вт/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ :  
де  $1/\alpha_1$  – опір до теплосприймання,  $1/\alpha_1 = 0,05 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/Вт$ ;  $1/\alpha_2$  – опір тепловіддачі,  $1/\alpha_2 = 0,05 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/Вт$ ;  $\delta_i$  – товщина і-го шару огороження, м;  $\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності і-го шару елементу огороження,  $^\circ\text{C}/Вт$ .

Площа поверхні метантенка визначаємо по формулі:  $F = S_{БОК} + 2 \cdot S_{ОСН}$ ,  $\text{м}^2$ ,  $(13)$   
де  $S_{БОК}$  – площа бокової поверхні метантенка,  $\text{м}^2$ ;  $S_{ОСН}$  – площа основи метантенка,  $\text{м}^2$ .

$$S_{ОСН} = \frac{\pi d_B^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 7,7^2}{4} = 46,5 \text{ м}^2. \quad (14)$$

$$S_{БОК} = \pi \cdot d_B \cdot h = \pi \cdot d_B^2 = 3,14 \cdot 7,7^2 = 186 \text{ м}^2. \quad (15)$$



$F = 186 + 2 \cdot 46,5 = 279 \text{ м}^2$ . Приймаємо бетонний метантенк товщиною 0,3 м, теплоізоляція виконана в вигляді шлакобетону (0,1 м) і земляного валу (1 м).

$$k = \frac{1}{0,05 + \frac{0,3}{1,83} + \frac{0,1}{0,06} + \frac{1}{1,75} + 0,05} = 0,4$$

Тоді коефіцієнт тепловіддачі буде рівний:  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Переведемо кількість теплоти, що втрачається в навколишнє середовище в МДж/міс:  $Q_{\text{ПОТ}}^{\text{М}} = 3,6 \cdot 10^{-3} Q_{\text{ПОТ}} \cdot t_{\text{чМ}}$ , (16)

де  $t_{\text{чМ}}$  – кількість годин в місяці,  $t_{\text{чМ}} = 720 \text{ год}$ .

Загальна витрата електроенергії [4] на механічне перемішування субстрату в метантенку  $Q_{\text{МЕХ}}$  визначимо за виразом  $Q_{\text{МЕХ}} = q_{\text{НОРМ}} \cdot V_{\text{МТ}} \cdot z$ , кВт·год (17)

де  $q_{\text{НОРМ}}$  – відносне навантаження на мішалку,  $q_{\text{НОРМ}} = 50 \frac{\text{Вт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}$ ;  $V_{\text{МТ}}$  – об'єм метантенка,  $\text{м}^3$ ;  $z$  – тривалість роботи мішалки,  $z = 8 \text{ годин на добу}$ .

$Q_{\text{МЕХ}} = q_{\text{НОРМ}} \cdot V_{\text{МТ}} \cdot z = 50 \cdot 362 \cdot 8 = 144,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ . Переводимо отримане значення в МДж/міс:  $Q_{\text{МЕХ}}^{\text{М}} = 3,6 \cdot Q_{\text{МЕХ}} \cdot t_{\text{СУТМ}} = 3,6 \cdot 114,8 \cdot 30 = 15638 \text{ МДж/міс}$ . (18)

Загальні затрати енергії [6] на підтримання процесу на місяць:

$$Q_{\text{ОБЦ}} = Q_{\text{ПОД}}^{\text{М}} + Q_{\text{ПОТ}}^{\text{М}} + Q_{\text{МЕХ}}^{\text{М}}, \text{ МДж/міс}, \quad (19)$$

Кількість біогазу, необхідного для підтримання процесу:

$$V_{\text{БГЗ}}^{\text{М}} = Q_{\text{ОБЦ}} / q_{\text{БГ}}, \text{ м}^3/\text{міс}, \quad (20)$$

Товарна кількість біогазу  $V_{\text{БГ ТОВ}}^{\text{М}}$ ,  $\text{м}^3/\text{міс}$  дорівнюватиме:

$$V_{\text{БГ ТОВ}}^{\text{М}} = V_{\text{БГ}}^{\text{М}} - V_{\text{БГЗ}}^{\text{М}}, \quad (21)$$

Результати розрахунків [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7] представлено в табл. 1.

Табл.1.

### Вироблена кількість біогазу в дослідному господарстві по місяцям року

Місяць/Показник	1	...	12	Всього за рік
$t_{\text{ЗАГ}} \text{ } ^\circ\text{C}$	5		5	-
$Q_{\text{ПОД}}$ , МДж/міс	3379,5		3379,5	32694,5
$Q_{\text{ПОТ}}^{\text{М}}$ , МДж/міс	101385		101385,9	980836,2
$Q_{\text{ОБЦ}}$ , МДж/міс	127148		127148,3	1266438,0
$V_{\text{БГЗ}}^{\text{М}}$ , $\text{м}^3/\text{міс}$	5085,9		5085,9	50657,5
$V_{\text{БГ ТОВ}}^{\text{М}}$ , $\text{м}^3/\text{міс}$	11954,1	...	11954,1	153822,5

**Висновки.** В даному дослідженні було здійснено розрахунок електропостачання та електрообладнання тваринницької ферми на 420 голів ВРХ з розробкою та впровадженням відповідного програмного забезпечення. Проведений розрахунок БГУ для відходів ВРХ. Проведена техніко-економічна оцінка показала, що запропоновані рішення дозволять отримати річний економічний ефект у розмірі не менше 450 тис. грн. та річну економію за природний газ – 860 тис. грн., а термін окупності становить 3,5 роки.

### Література:

1. Толбатов А.В. Інформаційна технологія аналізу динаміки процесів функціонування газотурбінної установки: автореф. дис. канд. техн. наук / А.В. Толбатов. – Вінниця, 2013. – 22 с.
2. Толбатов А.В. Методологія створення бази знань життєвого циклу автономних енергогенеруючих установок / А.В. Толбатов, В.А. Толбатов // Вісник Сумського державного університету. Техн. науки. – 2008. – №1. – С.140–146.



3. Мацюк О.В. Методологія статистичної обробки даних газоспоживання / О.В. Мацюк, М.В. Приймак, А.В. Толбатов // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.–Івано-Франківськ, 2004.–№4.–С. 80–84.

4. Толбатов А.В. Розвиток та перспективи розширення предметної галузі використання інформаційної технології аналізу динаміки процесів функціонування газотурбінної електростанції / А.В. Толбатов, В.А. Толбатов // ScientificWorldJournal, Issue №14, Vol.3 (Yolnat PE, Minsk, 2017) – P.38–42.

5. Толбатов В.А. Научное окружение современного человека: Техника и технологии / [авт.кол.: И.Я.Львович, А.П.Преображенский, В.А.Толбатов, И.Ф.Червоний, О.Н.Чопоров и др.]. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2018 – 181 с.

6. Толбатов А.В. Инновационная наука, образование, производство и транспорт: Техника и технологии / Верховлюк А.М., Иванова Т.Н., Копей Б.В., Толбатов В.А., Толбатов А.В. и др. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2018 – 223 с.

7. Толбатов А.В. Удосконалення функціонування газотурбінної електростанції на основі інформаційної технології обробки даних при змінах навантажень / Г.А. Смоляров, А.В. Толбатов, В.Ф. Яковлев // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 196 "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Харків: ХНТУСГ, 2018 – С. 83–85.

#### References:

1. Tolbatov A.V. Informacijna tehnologiya analizu dy`namiky` procesiv funkcionuvannya gazoturbinnoyi ustanovky` : avtoref. dy`s. kand. texn. nauk / A.V. Tolbatov.–Vinny`cya, 2013.– 22s.

2. Tolbatov A.V. Metodologiya stvorenniya bazy` znan` zhy`t'yevogo cy`klu avtonomny`x energogeneruyuchy`x ustanovok / A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov // Visny`k Sums`kogo derzhavnogo universy`tetu.Texn.nauky`.–2008.–№1.–S.140–146.

3. Masyuk O.V. Metodologiya staty`sty`chnoyi obrobky` dany`x gazospozhy`vannya / O.V. Masyuk, M.V. Pry`jmak, A.V. Tolbatov // Rozvidka ta rozrobka naftovy`x i gazovy`x rudovy`shh.–Ivano-Frankivs`k, 2004.–№4.–S. 80–84.

4. Tolbatov A.V. Rozvy`tok ta perspekty`vy` rozshy`rennya predmetnoyi galuzi vy`kory`stannya informacijnoyi tehnologiyi analizu dy`namiky` procesiv funkcionuvannya gazoturbinnoyi elektrostanciyi / A.V. Tolbatov, V.A. Tolbatov // ScientificWorldJournal, Issue №14, Vol.3 (Yolnat PE, Minsk, 2017) – P.38–42.

5. Tolbatov V.A. Nauchnoe okruzhenie sovremennogo cheloveka: Tehnika i tehnologii / [avt.kol. : I.Ya.Lvovich, A.P.Preobrazhenskiy, V.A.Tolbatov, I.F.Chervonyiy, O.N.Choporov i dr.]. – Odessa: KUPRIENKO SV, 2018 – 181 s.

6. Tolbatov A.V. Innovatsionnaya nauka, obrazovanie, proizvodstvo i transport: Tehnika i tehnologii / [avt.kol. : Verhovlyuk A.M., Ivanova T.N., Kopey B.V., Tolbatov V.A., Tolbatov A.V. i dr.]. – Odessa: KUPRIENKO SV, 2018 – 223 s.

7. Tolbatov A.V. Udoskonalennya funkcionuvannya gazoturbinnoyi elektrostanciyi na osnovi informacijnoyi tehnologiyi obrobky` dany`x pry` zminax navantazhen` / G.A. Smolyarov, A.V. Tolbatov, V.F. Yakovlev // Visny`k XNTUSG im. Petra Vasy`lenka. Texnichni nauky`. Vpusk 196 "Problemy` energozabezpechennya ta energozberezhennya V APK Ukrayiny` ". – Xarkiv: XNTUSG, 2018 – S. 83–85.

**Abstract.** Each livestock farm implements thousands of tons of manure annually. The most economically feasible is the processing of livestock by-products in biogas, which, in turn, can be used to generate electricity and meet the needs of farms in thermal energy. An example of the calculation of a biogas installation for cattle waste is given in the work and appropriate software has been developed.

**Key words:** biogas plant, methane tank, electrostatement.

© Толбатов А.В.